

В.Д. Жван, І.В. Доненко, С.О. Куліш, А.П. Таран

Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОКЛАДАННЯ ЗОВНІШНІХ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

*Стаття присвячена ефективному аналізу траншейних і безтраншейних технологій укладання трубопроводу. В ході роботи виконано аналітичний огляд укладання трубопроводу, визначені основні технологічні параметри, області застосування кожного з методів, а також їх переваги і недоліки. Перелік розглянутих методів прокладання трубопроводу: траншейний, горизонтально-направлене буріння, механічний прокол, гідропробив, мікротунелювання та продавлювання.*

**Ключові слова:** траншеї, горизонтально-направлене буріння, механічний прокол, гідропробив, мікротунелювання, продавлювання, трубопровід.

### Постановка проблеми

На сьогоднішній день в Україні понад 60% трубопроводів потребують ремонту або заміни. Актуальним питанням сьогодення є вибір оптимальної технології виробництва робіт, що залежить від безлічі факторів, таких як: властивості ґрунтів, протяжність трубопроводу, наявність інших комунікацій, будівель і споруд, бюджету та часу проведення робіт. Основа цього питання мала актуальність з початку виникнення перших населених пунктів. Тому його перегляд щодо сучасності може сприяти більш якісному та ефективному вирішенню питання.

Найпоширенішим є траншейний метод прокладання трубопроводу, який приносить сучасному місту і його жителям значних незручностей, незважаючи на те, що він найдешевший з існуючих методів, в сукупності з роботами по відновленню дорожнього полотна, зелених насаджень та іншими супутніми чинниками. Однак, розроблено безліч сучасних методів, що мають ряд переваг в порівнянні з класичною технологією, але при цьому є більш дорогими.

Тому при виборі технології монтажу і ремонту трубопроводів необхідно проводити техніко-економічне порівняння варіантів з урахуванням всіх особливостей об'єкта.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

З метою дослідження особливостей монтажу трубопроводу підземних комунікаційних мереж, було проаналізовано праці таких авторів, як В.А. Орлов [5], А.Н. Ченцов [10], О.Л. Іщенко [3].

### Формулювання мети статті

Метою даної статті є удосконалення механізму вибору оптимальної технології виробництва робіт.

### Виклад основного матеріалу

На сьогоднішній день, безтраншейними технологіями монтажу комунікаційних мереж займаються багато зарубіжних країн. За даними статистики в таких країнах, як Німеччина, Росія, Великобританія, Скандинавські країни, та США – 95 % усього обсягу робіт з ремонту підземних комунікацій виконується безтраншейними технологіями. В багатьох великих містах Америки та Західної Європи прокладати інженерні комунікації відкритим способом заборонено [1]. В Україні прокладання та ремонт трубопроводу зовнішніх інженерних мереж виконують траншейними та безтраншейними технологіями, прикладом є компанія «GoodZone», яка знаходиться у місті Харків [2].

Вибір оптимального методу виробництва робіт, залежить від безлічі факторів: властивості ґрунтів, протяжності трубопроводу, наявності інших комунікацій, будівель і споруд, а так само бюджету, який мають замовники. Час робіт, це останній вирішальний фактор [4].

У статті надано аналіз класичного траншейного методу і найбільш широко використовуваних безтраншейних.

Траншейний метод, є одним з найпростіших методів прокладання трубопроводу, що не потребує спеціалізованої техніки та кваліфікованих робітників і включає в себе розкриття ґрунту. Глибина та інтенсивність викопування траншей визначається виходячи з особливостей ґрунту в конкретній місцевості. Оскільки робочі або екскаватори викопують глибокі траншеї, то сторони траншеї повинні бути укріплені, або підтримані підпірками, щоб стіни траншеї не обрушилися. До переваг методу можна віднести: відносно низьку вартість (без урахування відновлення огрядних покриттів). Недоліком методу є порушення ландшафту, перекриття вулиць і доріг під час

проведення робіт, загроза травматизму робочих. У зимовий період не рекомендується проводити роботи, так як буде порушуватися технологія укладання, а також неможливість використання цього методу при наявності перешкод, таких як: залізничні колії і річки.

Головною перевагою *безтраншейного* методу прокладки трубопроводу є можливість проведення робіт там, де неможливо відрити траншею, а також збереження цілісності родючого шару ґрунту і асфальтового покриття, якщо необхідно прокласти комунікації під автодорогою. Безтраншейний метод скорочує тривалість виробництва робіт і необхідні людські ресурси, підвищує безпеку робіт, а також не вимагає спеціальних конструкцій для кріплення стінок траншей. Відмінність методу полягає у майже повній відмові від застосування ручної праці і перехід до стаціонарного режиму роботи, при якому людина лише контролює процес ззовні. Частково не механізованими залишилися початковий і кінцевий етапи робіт. При прокладанні труб безтраншейними методами в першу чергу під дорогами влаштовують захисні кожухи (футляри), а потім в них прокладають робочі трубопроводи. Для виконання даної роботи слід дотримуватися таких умов: діаметр кожуха (футляра) повинен бути більше, ніж діаметр прокладеного трубопроводу [5].

*Горизонтально-направлене буріння (далі ГНБ)* – це метод безтраншейного прокладання трубопроводів, який заснований на застосуванні спеціальних бурових комплексів. Довжина прокладки труб може дорівнювати як декільком метрам, так і декільком кілометрам, діаметр трубопроводів може бути понад 1200 мм. Даний метод застосовується в піщаних та глинистих ґрунтах. Використовуються труби зі сталі, поліетилену та інших видів матеріалів. Роботи проводяться при мінімальному впливі на навколишнє середовище [6].

Застосування методу *механічного проколу* рекомендується при прокладанні трубопроводу малих і середніх діаметрів (від 50-100 до 400-500 мм) в глинистих і суглинних ґрунтах, не допускається використовувати метод в кременистих і скельних ґрунтах, довжина проколу труб не перевищує 60-80 м. Спосіб використовують під час прокладання комунікацій з металу і пластика, футлярів, в які потім укладають водопровідні труби. Часто застосовують прокол, коли необхідно прокласти комунікації під трасою або залізничними коліями в глинистих і суглинних ґрунтах. При використанні такого методу немає необхідності утилізації ґрунту, так як його розробка ведеться за допомогою ущільнення. Зусилля для проколу різні і коливаються в діапазоні 150-2450 кН, необхідне обладнання при проколі є натискна насосно-домкратна установка. Недоліком способу є неможливість проведення робіт в скельних і кременистих ґрунтах [7].

Спосіб *гідропрколу* – метод, при якому для прокладки труби використовується кінетична енергія струменя води, що виходить під тиском з розташованої попереду труби зі спеціальною конічною насадкою. Метод застосовується для піщаних та супіщаних ґрунтів. Струмінь води, що виходить з насадки під тиском, розмиває в ґрунті отвір діаметром до 500 мм, в якому згодом прокладають полімерні труби. Метод гідропрколу має такі переваги: досить висока швидкість утворення свердловини (до 30 м / зміну) і простота ведення робіт. Головні недоліки: мала протяжність проходки (до 20-30 м), можливі відхилення від проектної осі і необхідність місць для скидання пульпи, а також складні умови роботи внаслідок забруднення робочого котловану. При проколі з прокладанням труби діаметром до 100 мм вода подається в трубу, а звідти під тиском 0,15-1,5 МПа виходить з конічного сопла, якщо діаметр труби 100-400 мм, то вода через накінецьник подається за спеціальної насадки, укріпленої в діафрагмі труби в кінцевій частині накінецьника. Даний спосіб рекомендують застосовувати для утворення свердловини поза міських умов при перетині трас підземних комунікацій [8].

*Мікротунелювання* являє собою автоматизовану проходку тунелю діаметром від 200 до 3600 мм з продавлюванням конструкції оброблення, яка виконується без присутності людей у виробі. Метод мікротунелювання дозволяє прокладати трубопровід в будь-яких ґрунтах, від нестійких суглинків і водонесних пісків до скельних порід. В залежності від ґрунту вибирають робочий орган, який забезпечить оптимальну швидкість проходки. Процес прокладання трубопроводу складається з розробки двох котлованів: робочий(стартовий) і приймальний котловани, відстань між якими від 50 до 500 м, в робочому(стартовому) котловані монтують обладнання на глибині, необхідної для прокладки трубопроводу, глибина відповідає глибині залягання залізобетонного трубопроводу (4 - 8 м) [9].

Метод *продавлювання*. Даний спосіб не можна застосовувати в пливунах, а в скельних ґрунтах застосування можливе лише при використанні труб великого діаметру. Оскільки при продавлюванні труб великих діаметрів, особливо в твердих ґрунтах, застосовуються особливо потужні натискні установки з декількох домкратів, здатні створити зусилля більше 10 000 кН, для них потрібні міцні напольгиві стінки. Таким методом можна прокладати не тільки сталеві труби, але і залізобетонні, діаметр труб варіюється від 600 до 1720 мм. Довжина проходки кожного робочого котловану от 30 – 100 м. Довжина котловану не повинна бути менше 4 м, а ширина – перевищувати 3 м. Глибина приймається на 0,5 м нижче лотка робочої труби. Для продавлювання труб застосовуються натискні насосно-домкратні установки з двох, чотирьох, восьми і більше гідродомкратів зусиллям

по 500-3000 кН кожен, з ходом штока 1,1-2,1 м, що працюють від насосів високого тиску [10]. Метод продавлювання ґрунту добре підходить для виконання проколів під автомобільними і залізничними шляхами, а також іншими спорудами.

Отже, вибір того чи іншого методу прокладання трубопроводу залежить від довжини і діаметру трубопроводу, фізико-механічних властивостей ґрунтів і гідрогеологічних умов. Було зроблено експертне опитування фахівців будівельної галузі та взято середню арифметичну вартість кожного з методів прокладки трубопроводу мінімального діаметру 100 мм. Для аналізу було розглянуто ситуацію прокладки трубопроводу під дорогою шириною 6 м. Згідно з ДБН В.2.5-75:2013, відстань у плані від обрізу футляра, а у випадку влаштування наприкінці футляра колодязя – від зовнішньої поверхні стіни колодязя, при перетині автомобільних доріг, слід приймати 3м від брівки полотна, підосви насипу або іншої водопровідної споруди [11].

Результати виконаного аналізу технологій укладання трубопроводів було зведено в таблиці, в якій представлені основні характеристики технологій: довжина прокладеного трубопроводу, швидкість проведення робіт, область застосування, вартість, а також наведені переваги і недоліки кожного з розглянутих методів (табл.1).

## Висновки

Отже, кожен з методів має свої переваги і недоліки, тому для вибору методу виконання робіт необхідно провести комплексну оцінку технологічних параметрів, вартості, області застосування і термінів проведення робіт. Вартість прокладання трубопроводу складається з таких факторів: проведення дослідницьких робіт; вибір діаметра та визначення довжини трубопроводу; вибір способу прокладання та обладнання необхідного для проведення робіт; вибір обладнання, запірно-регулюючої апаратури та інших матеріалів, влаштованих на трубопроводі; терміни виконання робіт. З урахуванням цих факторів складається кошторис, який і визначає вартість монтажу конкретного трубопроводу.

Таким чином, після проведеного аналізу, можна зробити висновок, що серед методів безтраншейної прокладки трубопроводів можна виділити горизонтально-направлене буріння, саме цей спосіб прокладання трубопроводу буде доцільно використовувати для нашого регіону. Техніка буріння дозволяє проводити трубопроводи під перешкодами, тягнути протяжні відрізки мереж, ремонтувати пошкодження ділянки. Даний метод універсальний і може використовуватися практично в будь-яких умовах.

Таблиця 1

Основні характеристики методів прокладання трубопроводу

Найменування методу	Тип ґрунту	Діаметр/довжина трубопроводу	Швидкість проходки, м/ч	Вартість методу, грн./12 пог.м при d=100 мм	Переваги	Недоліки
Траншейний	піщані, глинисті, тверді (скальні), сухі, пливуні	не обмежені	залежить від кількості робітників	34 968	відносно низька вартість виконання робіт; максимально точна прокладка трубопроводу	високі трудовитрати; нанесення шкоди родючому шару ґрунту; неможливість застосування в умовах міської забудови
Горизонтально-направлене буріння	піщані та глинисті ґрунти	325-1720 мм / 40-70 м	1,5-1,9	40 368	застосовується в скальних ґрунтах та пливунах; висока точність; мала тривалість робіт; збереження ландшафту, природну середу та сусідські комунікації; потребується невеликий штат робітників	неможливість застосування при наявності ґрунтових вод та великого зволоження ґрунту; потребує утилізації великого об'єму відпрацьованого бентоніту

Продовження таблиці 1

Механічний прокол	глинисті і суглинки	50-500 мм/ до 80 м	3-6	22 044	висока швидкість проходки; не потребується видалення ґрунту	не застосовується в скальних та кременистих ґрунтах; не висока точність при наявності перешкод
Гідро-прокол	піщані та супіщані	100-500 мм/20-40 м	1,4-1,6	22 284	немає необхідності влаштувати підпірну стінку	необхідне джерело води та утилізації пульпи
Мікро-тунелювання	усі типи	200-3600 мм/50-500 м	1,0-2,0	27 084	висока точність проходки; застосування у змішаному забої навіть на малих діаметрах	висока вартість обладнання
Продавлювання	скельні	600-1720 мм/ 30-100 м	0,2-1,5	22 884	висока швидкість виконання робіт	неможливість застосування в пливунах; в твердих ґрунтах може бути застосований лише для продавлювання труб максимального діаметру

### Література

1. Бестраншейная прокладка трубопровода в Краснодарском крае [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://anapa.tiu.ru/p34524047bestranshejnaya-prokladka-truboprovoda.html>
2. GoodZone. Территория воплощения идей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.goodzon.kh.ua/prokladka-kommunikacij/>
3. Обґрунтування методів улаштування інженерних мереж діючих промислових підприємств / О.Л. Іщенко, І.В. Доненко // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. – Вип. 35. – К.: КНУБА, 2018.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-XX:201X «Настанова щодо інженерної підготовки території для будівництва». – Київ: Міністерство регіонів України, 2010.
5. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. – Прима-Пресс-М, 2002. – 301 с.
6. Метод ГНБ [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.dsemgroup.ru/gorizontalnoe\\_burenje/metod\\_gnb/](http://www.dsemgroup.ru/gorizontalnoe_burenje/metod_gnb/)
7. Прокол ґрунту [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://um.co.ua/4/416/4-167759.html>
8. Будівництво підземних інженерних мереж бестраншейними способами [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://studopedia.su/13\\_141123\\_ulashtuvannya-truboprovodiv-sposobom-prokolu-runtu.html](https://studopedia.su/13_141123_ulashtuvannya-truboprovodiv-sposobom-prokolu-runtu.html)
9. Туннелирование и подземные космические технологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/journal/tunnelling-and-underground-space-technology>

10. Никишин А.В., Ченцов А.Н. Бестраншейная прокладка трубопроводов: новые технологии // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2012. – С. 14–18.
11. ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». – Київ: Міністерство регіонів України, 2013.

### References

1. Bestransheynaya prokladka truboprovoda v Krasnodarskom krae [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://anapa.tiu.ru/p34524047bestranshejnaya-prokladka-truboprovoda.html>
2. GoodZone. Territoriya voploshcheniya idey [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.goodzon.kh.ua/prokladka-kommunikacij/>
3. Obgruntuvannya metodiv ulashtuvannya inzhenernykh merezh diyuchykh promyslovykh pidpryyemstv / O.L. Ishchenko, I.V. Donenko // Shlyakhy pidvyshchennya efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannya rynkovykh vidnosyn: zb. nauk. prats'. – Vyp. 35. – K.: KNUBA, 2018.
4. DSTU-N B V.1.1-XX:201KH «Nastanova shchodo inzhenernoyi pidhotovky terytoriyi dlya budivnytstva». – Kyiv: Minrehiion Ukrayiny, 2010.
5. Khramenkov S.V., Primin O.G., Orlov V.A. Bestransheynnye metody vosstanovleniya truboprovodov. – Prima-Press-M, 2002. – 301
6. Metod HNB [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: [http://www.dsemgroup.ru/gorizontalnoe\\_burenje/metod\\_gnb/](http://www.dsemgroup.ru/gorizontalnoe_burenje/metod_gnb/)
7. Prokol ґрунту [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: <http://um.co.ua/4/416/4-167759.html>



8. Budivnytstvo pidzemnykh inzhenernykh merezh beztransheynomy sposobamy [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: [https://studopedia.su/13\\_141123\\_ulashtuvannya-truboprovodiv-sposobom-prokolu-runtu.html](https://studopedia.su/13_141123_ulashtuvannya-truboprovodiv-sposobom-prokolu-runtu.html)

9. Tunnelirovaniye i podzemnyye kosmicheskiye tekhnologii [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://www.sciencedirect.com/journal/tunnelling-and-underground-space-technology>

10. Nikishin A.V., Chentsov A.N. Bestransheynaya prokladka truboprovodov: novyye tekhnologii // Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefi i nefteproduktov. – 2012. – S. 14–18.

11. DBN V.2.5-75:2013 «Kanalizatsiya. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennya proektuvannya». – Kyiv: Minrehion Ukrayiny, 2013.

**Рецензент:** д.т.н., професор В.І. Доненко, Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна

**Автор:** ЖВАН Віктор Денисович

к.т.н., професор

Національний університет «Запорізька політехніка»

E-mail - [bud.zntu@gmail.com](mailto:bud.zntu@gmail.com)

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2541-2066>

**Автор:** ДОНЕНКО Ірина Володимирівна

к.т.н., доцент

Національний університет «Запорізька політехніка»

E-mail - [bud.zntu@gmail.com](mailto:bud.zntu@gmail.com)

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0017-9018>

**Автор:** КУЛІШ Сергій Олександрович

аспірант

Національний університет «Запорізька політехніка»

E-mail - [bud.zntu@gmail.com](mailto:bud.zntu@gmail.com)

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3333-2442>

**Автор:** ТАРАН Антон Павлович

магістрант

Національний університет «Запорізька політехніка»

E-mail - [mister.taran@gmail.com](mailto:mister.taran@gmail.com)

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9709-5637>

## ANALYSIS OF EXTERNAL ENGINEERING NETWORK METHODS

V. Zhvan, V. Donenko, S. Kulish, A. Taran

Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, Ukraine

*The article is devoted to the effective analysis of trench and trenchless pipeline laying technologies. In the course of the work, an analytical review of pipeline assembly was performed, the main technological parameters, the scope of each method, and their advantages and disadvantages were determined. List of considered pipeline laying methods: trenching, horizontal directional drilling, mechanical puncture, hydraulic puncture, microtunneling and punching.*

*The article analyzes the classical trench method and the most widely used trenchless ones: horizontal directional drilling; mechanical puncture; hydraulic puncture; microtunneling; punching. Each of these methods has several advantages and disadvantages.*

*The choice of the optimal method of laying the pipeline depends on many factors: the physical and mechanical properties of soils and hydrogeological conditions, the length and diameter of the pipeline, the presence of other communications, buildings and structures, as well as the budget that customers have. Work time is the last deciding factor.*

*Based on the results of the analysis of pipeline laying technologies and expert survey of construction industry experts, the cost table of each method was compiled, outlining the main characteristics of the technology: length of pipeline, speed of work, scope, cost, and the advantages and disadvantages of each of the considered methods. The conclusions about the use of each of the pipeline laying methods were made.*

*Each of the methods has its advantages and disadvantages, so to choose the method of work it is necessary to conduct a comprehensive assessment of technological parameters, cost, scope and timing of work. The cost of laying the pipeline consists of the following factors: conducting research; selection of diameter and determination of pipeline length; choice of laying method and equipment necessary for the works; selection of equipment, shut-off and control equipment and other materials arranged on the pipeline; terms of performance of works. Taking into account these factors, an estimate is made, which determines the cost of installation of a particular pipeline.*

*After the analysis, we can conclude that among the methods of trenchless laying of pipelines can be identified horizontally directional drilling, it is this method of laying the pipeline will be appropriate to use for our region. The drilling technique allows to carry out pipelines under obstacles, to pull long segments of networks, to repair site damage. This method is universal and can be used in almost any environment.*

**Keywords:** trenches, horizontal directional drilling, mechanical puncture, hydraulic piercing, microtunnelling, punching, pipeline.